



Рис. 26. Интерьер одного из вагонов поезда TGV R после реконструкции (фото: И. П. Киселёв)

В целом конструктивная концепция поезда TGV Duplex базируется на принципах, которые опробованы и хорошо зарекомендовали себя на практике, естественно, с учетом измененных массогабаритных характеристик. Двухсистемный поезд рассчитан на питание постоянным током 3 кВ и переменным током 25 кВ, 50 Гц. Асинхронные тяговые двигатели имеют общую продолжительную мощность 8800 кВт.

Ввод поездов TGV Duplex в эксплуатацию на маршрутах, соединяющих Париж с Лионом и городами Средиземноморского побережья, позволил существенно увеличить провозную способность в этих сообщениях.

Всего к настоящему времени выпущено 64 поезда TGV Duplex.

Конкуренция высокоскоростных железных дорог с другими видами транспорта заставляет железнодорожные компании уделять большое внимание повышению уровня комфорта для пассажиров. Так, поезда, выпущенные около 20 лет назад и вполне отвечающие требованиям скорости, безопасности и надежности, морально устарели с точки зрения обустройства пассажирских помещений. Поэтому уже ведется, например, модернизация интерьеров салонов поездов TGV T Eurostar. На выставке в Милане в 2005 г. был представлен поезд TGV R, прошедший капитальный ремонт с полным обновлением интерьеров (рис. 26). Представленный вариант отделки пассажирских салонов отличается экстравагантностью. Дизайнеры выбрали обивочные ткани ярких насыщенных тонов желтого, малинового и зеленого цвета при общем приглушенном освещении с применением галогеновых ламп для точечной подсветки пассажирских кресел.

Электровоз ES64U4

С появлением электровоза компании Siemens Transportation Systems (TS), получившего фирменное обозначение ES64U4, в железнодорожную отрасль, как полагают, будут введены два новых понятия в области стандартизации и унификации: COP и CUP, а характеристики этого электровоза обеспечат ему репутацию одного из самых гибких и экономичных в эксплуатации локомотивов для обслуживания пассажирских и грузовых перевозок в международных сообщениях. Первыми реальными воплощениями заложенных в данном проекте концепций стали электровозы серии 1216 железных дорог Австрии (ÖBB, рис. 1) и серии 541 железных дорог Словении (SŽ, рис. 2).

Концептуальные принципы

На первый взгляд в австрийских электровозах серии 1216 Europrinter (ES64U4) нет ничего, представляющего сколько-нибудь заметную революцию в локомотивостроении. Можно, в принципе, считать, что это — электровозы семейства Taurus, дополни-

тельно адаптированные к обращению по линиям, электрифицированным на постоянном токе напряжением 3 кВ, и сочетающие в себе раму кузова и кабины управления электровозов серий 1016 (ES64U1) и 1116 (ES64U2) ÖBB с электрическим оборудованием электровозов серии 149 железных дорог Германии (DBAG и Railion).

Однако такое первое впечатление обманчиво, и свидетельством тому — две принципиальные концепции проекта.

Во-первых, четырехосный электровоз ES64U4, как и электровозы упомянутых выше серий, является локомотивом для смешанного грузо-пассажирского движения, обладающим высокой силой тяги (304 кН) и конструкционной скоростью (200 или 230 км/ч) и способным водить ускоренные грузовые и скоростные пассажирские поезда на международных маршрутах по линиям, электрифицированным на разных системах тягового электроснабжения.

Во-вторых, в этом электровозе стандартизация и унификация оборудования доведены до максимально возможного уровня.

Стандартизация и унификация в данном случае подразумевают наличие двух групп «пакетов», которое позволяет изготавливать локомотивы по индивидуальным заказам, получаемым от разных компаний-операторов разных стран, в виде модификаций одной конструкционной платформы, включающей уже хорошо зарекомендовавшие себя технические решения, с применением как можно большего числа одинаковых компонентов, тогда как еще несколько лет назад при выполнении каждого отдельного заказа по конкретным техническим требованиям приходилось разрабатывать и строить совершенно разные локомотивы, что приводило к увеличению затрат труда и времени на проектирование и изготовление, возрастанию стоимости подвижного состава. В две указанные группы входят «пакеты для страны» (COP) и «пакеты для пользователя» (CUP).

Стандартизация имеет много достоинств. То, что многие компоненты являются общими для многих вариантов исполнения, способствует снижению стоимости самих компонентов и сокращению затрат на их замену. Поскольку большинство таких компонентов испытано в эксплуатации, то обеспечена их надежность, а следовательно, и локомотивов в целом. Упрощается подготовка локомотивных бригад и персонала ремонтно-эксплуатационных предприятий. Уменьшается объем сопроводительной документации. Ускоряется организация производства и поставок.

На железных дорогах разных стран Европы многие технические параметры по-прежнему не стандартизированы, и каждая страна имеет собственные критерии и порядок сертификации локомотивов при выдаче разрешений на эксплуатацию. Стандартизация помогает упростить и эту длительную процедуру. Сертификация в конкретной стране теперь необходима лишь в отношении немногих новых компонентов, отличающихся от базовых и введенных по запросу конкретного оператора.

Стандартизационные пакеты

Каждый пакет COP охватывает параметры, характеристики и конструктивные особенности, свойственные сети железных дорог страны, для которой заказываются электровозы. В их число входят система тягового электроснабжения (напряжение и частота в контактной сети), тип токоприемников, системы и устройства управления и обеспечения безопасности движения поездов, система радиосвязи, набор текстовых сообщений, выдаваемых на дисплей в кабине управления, и язык этих сообщений, специфические требования, выдвигаемые провайдером инфраструктуры, и т. п.



Рис. 1. Первый электровоз ÖBB серии 1216



Рис. 2. Первый электровоз SŽ серии 541

В настоящее время Siemens TS предлагает 11 таких пакетов для железных дорог ряда стран Европы:

- COP-A для Австрии;
- COP-CH для Швейцарии;
- COP-CZ для Чехии;
- COP-D для Германии;
- COP-HR для Хорватии;
- COP-H для Венгрии;
- COP-I для Италии;
- COP-NL для Нидерландов;
- COP-PL для Польши;
- COP-SK для Словакии;
- COP-SLO для Словении.

Содержание этих пакетов подразумевает, что данный конкретный пакет удовлетворяет всем законным требованиям, действующим в отношении эксплуатации локомотивов на всех линиях железных дорог соответствующей страны, а не только на тех, которые принадлежат государственной или национальной железнодорожной администрации или эксплуатируются ею.

В то же время каждый пакет CUP, в отличие от COP, комплектуется в соответствии с известными требованиями конкретного оператора-заказчика. По-

стольку поскольку какое-либо из этих требований технически осуществимо, оно может быть заложено в конструкцию и оснащение электровоза еще на стадии проектирования. Это позволяет изготавливать локомотивы в индивидуальном порядке, одновременно используя все преимущества стандартизации.

Число возможных вариантов безгранично. Однако чем больше в электровоз вводится отличий, тем дороже он становится. Для упрощения ситуации все пакеты CUP по своему наполнению разделены на конструктивные категории следующим образом:

- CUP-ADE — окраска, маркировка, логотипы;
- CUP-DA — компоновка кабин, комплектация органов управления, измерительных приборов и т. п. на пультах управления;
- CUP-DD — устройства обеспечения нормальных условий для работы машинистов (умывальники, туалеты и т. п.);
- CUP-FBS — типы и характеристики токоприемников;
- CUP-FDS — оборудование тягового привода;
- CUP-HAN — устройства электропитания от внешних источников;
- CUP-HOB — аккумуляторные батареи и устройства их подзарядки;
- CUP-HD — устройства электропитания бортового оборудования вагонов поезда;
- CUP-JED — аппаратура передачи данных;
- CUP-JEF — аппаратура дистанционного управления;
- CUP-JEM — аппаратура управления по системе многих единиц;
- CUP-JFZ — специальная аппаратура поездной радиосвязи;
- CUP-RAK — специальное оборудование тормозных систем.

В рамках каждой из этих категорий имеются более детальные подразделения в целях предоставления



Рис. 3. Изготовление кузова первого электровоза ES64U4 на заводе Siemens в Мюнхене

заказчику как можно более полной свободы выбора. Например:

- в пакете CUP-DA — расположение кресла машиниста в центре, слева или справа;
- в пакете CUP-FBS — длина полоза токоприемников в зависимости от рода напряжения в контактной сети (1450, 1600 или 1950 мм), материал контактных вставок (металл или графит), защита рогов токоприемников (с полной или частичной изоляцией), дополнительные устройства (ограничители высоты подъема токоприемника в эксплуатации и т. п.);
- в пакете CUP-JED — аппаратура, позволяющая передавать данные о местоположении локомотива, полученные от бортовой системы технической диагностики по системе радиосвязи GSM с использованием глобальной системы спутникового позиционирования GPS;
- в пакете CUP-JFZ — аппаратура, поставляемая компаниями Kapsch, EADS, Hörmann или другими.

Предусмотрена возможность увеличения числа как пакетов COP и CUP, так и их подразделений, так что приведенный выше перечень может быть дополнен. Заказчики всегда могут войти в контакт с соответствующей службой Siemens TS для разработки совершенно нового варианта. Однако даже такой уровень выполнения пожеланий заказчиков по конструкции и комплектации локомотивов может быть повышен за счет наличия возможностей еще более тонкой детализации пакетов.

Типоряд электровозов ES64U4

По замыслу типоряд электровозов ES64U4 должен обеспечить охват всех требований, предъявляемых к мощным скоростным и универсальным локомотивам.

Различные варианты исполнения электровозов отражаются в их обозначениях, в которых к основному фирменному ES64U4 изготовитель прибавляет дополнительные буквы и цифры, например ES64U4-A1 или ES64U4-B2.

Основное фирменное обозначение построено следующим образом:

- ES — электровоз семейства Europrinter;
- 64 — мощность электровоза в продолжительном режиме (6400 кВт);
- U — универсальный характер использования (в смешанном движении со скоростью до 230 км/ч);
- 4 — максимальное число систем тягового электропитания, к которым может быть адаптирован электровоз.

Дополнительные буквы обычно соответствуют названию пакета COP для страны оператора-заказчика или присваиваются в алфавитном порядке, дополнительные цифры — номеру пакета (или па-

кетов) СUP для конкретного заказчика в хронологическом порядке. Так, электровозы серии 1216 для железных дорог Австрии получили обозначение ES64U4-A1.

Кузов

Основная конструкция

Кузов электровоза ES64U4 (рис. 3) состоит из рамы, боковых стенок, модулей кабин управления, секционированной крыши и представляет собой цельнонесущую конструкцию. Съемные секции крыши по всей длине кузова между кабинами обеспечивают легкий доступ сверху к узлам и агрегатам, находящимся в машинном отделении.

Буфера, закрепленные на концевых брусках рамы, принадлежат к классу С, соответствующему требованиям стандартов МСЖД 526-1, 527 и 827. Они могут без повреждения воспринимать продольную ударную нагрузку до 70 кДж. Деформируемые элементы, интегрированные в конструкцию буферов, обеспечивают возможность восприятия продольной ударной нагрузки до 1 МДж без повреждения элементов основной конструкции кузова — рамы, кабины управления или обшивки боковых стенок. Эффективность такой защиты была неожиданно подтверждена во время испытаний при случайном столкновении при движении со скоростью 40 км/ч.

Конструкция кузова специально усилена в некоторых специфических местах его опирания на пружины второй ступени рессорного подвешивания и на домкраты при подъеме, а также в местах крепления буферных брусков.

Без деформации основной конструкции кузова можно выполнять следующие операции:

- подъемку кузова без тележек — с помощью четырех домкратов, установленных с обеспечением равномерного распределения нагрузки с обеих сторон локомотива в непосредственной близости к местам опирания кузова на пружины рессорного подвешивания или под буферными брусками;

- подъемку локомотива целиком (с тележками) — с помощью четырех домкратов, установленных с обеспечением равномерного распределения нагрузки с обеих сторон локомотива в местах опирания кузова на пружины рессорного подвешивания или около них;

- подъемку одного конца локомотива — с помощью домкратов, установленных под соответствующим буферным брусом, и так, чтобы другая тележка оставалась на рельсовом пути.

Кузов электровоза должен выдерживать следующие нагрузки:

- статическую продольную силу сжатия, приложенную на уровне буферных брусков и равную 2000 кН (т. е. 1000 кН на каждый буфер);

- статическую силу растяжения, приложенную к сцепному устройству и равную 1500 кН;

- силу сжатия, приложенную к двум буферам противоположных концов с одной и той же стороны локомотива и равную 500 кН;

- силу сжатия, приложенную по диагонали к двум буферам противоположных концов с разных сторон локомотива и равную 500 кН.

К раме кузова под буферными брусками прикреплены путеочистители. Нижний срез путеочистителя располагается на высоте 180 мм на УГР, тем самым удовлетворяя габаритным требованиям стандарта МСЖД 505-1.

Машинное отделение

Машинное отделение электровоза ES64U4, находящееся между кабинами управления, разделено центральным межкабинным проходом, расположенным по продольной оси локомотива, на две боковые части. В отсеках и шкафах машинного отделения размещено следующее оборудование:

- тяговые и вспомогательные преобразователи;
- мотор-вентиляторы охлаждения тяговых двигателей и тормозных резисторов;
- модули систем охлаждения преобразователей и трансформатора;
- аппаратура пневматической системы;
- аккумуляторная батарея;
- аппаратура систем управления и обеспечения безопасности движения поездов.

Кабели, провода и пневматические трубопроводы проложены в специальном канале, расположенном непосредственно под межкабинным проходом, доступ к ним осуществляется через люки в полу этого прохода.

Тяговый трансформатор находится вне машинного отделения, он подвешен снизу к раме кузова в средней части локомотива.

Кабины управления

Компоновка и оснащение. Кабины управления электровоза ES64U4 звукоизолированы, уплотнены и оснащены установками кондиционирования воздуха и отопления. Временные и температурные режимы работы этих установок машинист может регулировать исходя из желаемого уровня комфорта. Доступ в кабину осуществляется непосредственно через боковые двери с проемами высотой 1675 и шириной 600 мм, конструкция которых обеспечивает герметизацию кабины в отношении наружного шума и перепадов давления воздуха при закрытых дверях. В задней стенке каждой кабины имеется дверь с проемом высотой 1750 и шириной 500 мм, ведущая в межкабинный проход машинного отделения.



Рис. 4. Пульт управления электровоза ES64U4

Такая компоновка дверей заимствована у электровоза серии 189 DBAG, в то время как доступ в кабины управления электровозов серий 1016 и 1116 ÖBB более ранней разработки осуществляется через двери, ведущие сначала в машинное отделение, а покинуть кабину в экстренной ситуации можно через прямоугольный люк в торцевой стенке под лобовыми окнами. Специалисты ÖBB удовлетворены принятым альтернативным решением, так как оно не нарушило привычный облик электровозов семейства Taugus.

Имеются и другие отличия от электровозов указанных серий. Так, прожекторы дальнего света теперь расположены над, а не под лобовыми окнами. Это упрощает замену прожекторных ламп, поскольку высоко расположенный короб, в котором смонтированы лампы, легко доступен непосредственно из кабины, а в короб, находящийся низко и за пультом управления, доступ затруднен.

Короба, в которых смонтированы лампы буферных сигнальных фонарей, изготовлены из листовой стали, а не из композитного материала, как ранее, и прикреплены к обшивке кузова на болтах. Для доступа в них снаружи предусмотрена возможность откидывания рамок со стеклами.

Единственными компонентами конструкции кабин управления, изготовленными из композитных материалов, являются фрагменты крыши между лобовыми и боковыми окнами.

В остеклении лобовых окон применены многослойные безопасные стекла, эти окна оснащены электрическим подогревом. Для защиты от прямого солнечного света лобовые окна снабжены непрозрачными экранами, имеющими снаружи алюминиевое покрытие; перемещение экранов осуществляется вручную. На электровозе ES64U4 конструкция стальных рам, в которых крепится остекление лобовых окон, изменена, благодаря чему уменьшен риск повреждения стекол по сравнению с электровозами серий 1016 и 1116. В остеклении боковых окон применены теплопоглощающие тонированные стекла, при открывании опускающиеся вниз. В максимально открытом положении верхний срез этих стекол находится на 100 мм выше нижней обвязки оконных рам (ниже их опускать нельзя из-за наличия массивных ручек).

С обеих сторон кабины снаружи смонтированы зеркала заднего вида. Их положение можно регулировать как во время стоянки, так и на ходу, причем на разных железных дорогах действуют разные ограничения скорости, при которой можно регулировать положение зеркал, и это принимается во внимание при составлении спецификаций на каждый вариант изготовления. Вместе с тем предусмотрена возможность применения вместо зеркал специальных телевизионных камер, изображения с которых выводятся на дисплей пульта управления.

«Треугольник» лобовых огней электровоза ES64U4 соответствует требованиям стандарта МСЖД 651. В сигнальных фонарях применены мощные светодиоды, яркость свечения которых можно регулировать с пульта управления в зависимости от условий наружной освещенности, а также от требований национальных стандартов.

Кресла машиниста, поставляемые компанией ISRI (Германия), можно регулировать по высоте, расстоянию от пульта, положению подлокотников и наклону задней спинки. При желании подлокотники можно полностью откинуть, а спинку перевести в положение, удобное для отдыха.

Пульт управления. В кабинах установлены спроектированные с учетом требований эргономики pulpты



Рис. 5. Дисплей пульта управления

управления (рис. 4 и 5). На пульте, разделенном на три функциональные зоны, расположены органы управления (селекторы выбора скорости и силы тяги/торможения, выключатели, переключатели, регуляторы и др.) и дисплеи, во многом заменившие многочисленные измерительные приборы, применяющиеся на локомотивах более ранней разработки. На пульте управления нет привычных вольтметров, амперметров, манометров и т. д.

Центральный дисплей PDT находится непосредственно перед машинистом. На него выводятся основные сведения о режимах работы электровоза, например о скорости движения и силе тяги (или торможения), а также графическая информация о состоянии локомотива и возникновении потенциально опасных ситуаций.

Справа от машиниста находится дисплей ODT. На него выводится графическая информация о параметрах работы электровоза. Так, в левой части дисплея расположены вертикальные указатели напряжения в контактной сети и потребляемого электровозом тока, в средней части — вертикальные указатели силы тяги, развиваемой каждым тяговым двигателем, в правой части — вертикальные указатели давления воздуха в тормозной магистрали, главных воздушных резервуарах и горизонтальные указатели давления в тормозных цилиндрах. В нижней части дисплея выводится вспомогательная информация от системы технической диагностики.

Информация, выводимая на дисплей, находящийся слева от машиниста, отчасти дублирует информацию двух первых дисплеев. Здесь находятся спидометр, указатели напряжения и тока, силы тяги (торможения), а также давления сжатого воздуха. Этот дисплей в основном выполняет функции резервного.

Тележки

Тележки электровоза ES64U4 (рис. 6) имеют сварные рамы, которые по жесткости конструкции удовлетворяют требованиям стандарта МСЖД 615. Их расчетный срок службы равен 40 годам, т. е. 10 млн. км пробега.

В первой ступени рессорного подвешивания применены спиральные пружины небольшой высоты. Связь с колесными парами осуществляется через горизонтальные поводки. Во второй ступени подвешивания применены спиральные пружины типа Flexicoil большой высоты, через которые кузов опирается на тележки. Вертикальные и поперечные колебания, а также виляние тележек гасятся гидравлическими амортизаторами.

Для передачи усилий тяги и торможения между тележками и кузовом используются шкворневые соединения.

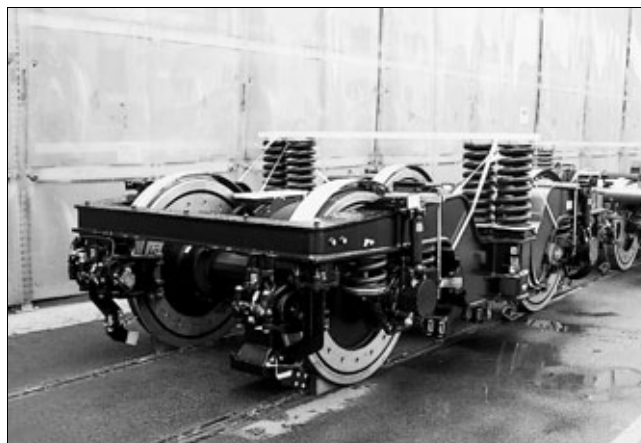


Рис. 6. Тележка электровоза ES64U4

Колесные пары состоят из цельнокованых колес, насаженных на полые оси (отверстия в осях выполнены для обеспечения возможности ультразвуковой дефектоскопии). По особому заказу на колесах могут быть смонтированы поглотители вибрации для снижения уровня шума при качении колес по рельсам. Заменять колесные пары можно без демонтажа тележек.

На шейках осей смонтированы легкие, компактные и не требующие ухода кассетные роликовые подшипники компании FAG. Литые корпуса букс имеют малую массу. Конструкция их крышек позволяет устанавливать щетки для отвода тока или датчики частоты вращения для измерения скорости движения.

Каждая колесная пара оснащена гребнесмазывателем с пневматическим приводом и автоматическим регулированием подачи смазочного материала из расходного резервуара к форсункам. Кроме того, под каждое колесо для увеличения сцепления с рельсами может подаваться песок, поступающий из расходной емкости к наконечникам по подогреваемым шлангам. Подача песка регулируется машинистом, но при этом автоматически устанавливается увеличенная подача под первую по направлению движения колесную пару как наиболее склонную к боксованию.

Тяговые двигатели

Асинхронные тяговые двигатели электровоза (рис. 7) в целях уменьшения неподрессоренных масс имеют опорно-рамное подвешивание. Передача крутящего момента колесным парам осуществляется посредством системы поводки — полый вал.

Двигатели изготавливаются без остовов, их заменяет сварная рама статорной сборки. В статоре выполнены аксиальные каналы для пропуска воздуха, охлаждающего обмотки. В шитах также имеются отверстия для пропуска воздуха, охлаждающего ротор. Охлаждающий воздух забирается вентиляторами че-

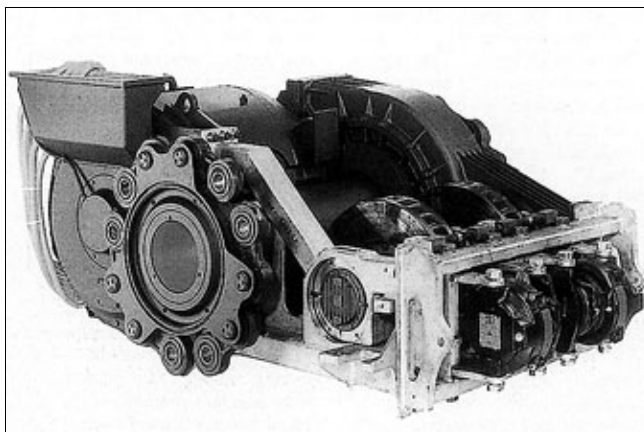


Рис. 7. Асинхронный тяговый двигатель в сборе с передачей

рез жалюзи в крышевых свесах кузова и выпускается из тяговых двигателей наружу вниз на путь.

Быстрая беспроблемная замена тяговых двигателей возможна благодаря разрезной конструкции корпусов редукторов и моторно-осевых букс.

Особое внимание уделено точности монтажа шестерен тяговых редукторов, так как их правильное геометрическое позиционирование способствует увеличению срока службы тяговой передачи в целом.

Токоприемники

На крыше электровоза над машинным отделением можно устанавливать до четырех токоприемников полупантографного типа. При этом два крайних токоприемника предназначены для токосъема с контактной сети переменного тока, два средних — с контактной сети постоянного тока. Полосы токоприемников могут иметь длину 1450, 1650 или 1950 мм в соответствии с конкретным пакетом СОР. Для случая работы с питанием от контактной сети переменного тока при длине полоза токоприемника 1950 мм предусмотрено автоматическое устройство, быстро опускающее токоприемник при поломке графитовой контактной вставки. По особому заказу таким устройством могут комплектоваться и токоприемники с полозами иной длины.

Электрическое оборудование

Тяговые преобразователи

Электровоз ES64U4 оснащен двумя тяговыми преобразователями, по одному на тяговые двигатели одной из тележек.

Каждый тяговый преобразователь включает:

- два четырехквadrантных импульсных регулятора;

- два импульсных инвертора (по одному на каждый тяговый двигатель);
- один инвертор для питания вспомогательных бортовых потребителей энергии.

Во всех компонентах преобразовательной установки в качестве элементной базы использованы биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT).

При питании от контактной сети переменного тока напряжением 15 или 25 кВ тяговый ток поступает к преобразователям, предварительно пройдя через последовательность смонтированных на крыше коммутационных аппаратов, в которую входят разъединитель, переключатель заземления, индуктивный дроссель и главный вакуумный быстродействующий выключатель, на первичную обмотку главного трансформатора. Четырехквadrантные регуляторы 4QS подключены к вторичной обмотке главного трансформатора. Выпрямленный ток от них через промежуточное звено постоянного напряжения проходит к двум импульсным инверторам. Каждый инвертор питает трехфазным переменным током «свои» тяговые двигатели. Протекание тока возможно как в прямом, так и в обратном направлении, т. е. реализуются режимы как тяги, так и электродинамического торможения.

При питании от контактной сети постоянного тока напряжением 3 или 1,5 кВ ток через двухступенчатый линейный фильтр направляется непосредственно в промежуточное звено постоянного напряжения. Фильтр формируется из вторичной обмотки главного трансформатора, конденсаторной сборки и индуктивного дросселя. Главный быстродействующий выключатель постоянного тока установлен в машинном отделении электровоза. В данном режиме тяговые преобразователи работают на полном напряжении контактной сети, а инверторы питают тяговые двигатели так же, как в случае контактной сети переменного тока.

Каждый тяговый преобразователь имеет собственную систему охлаждения. Основные модули этой системы включают топливный насос, фильтр и снабжены двусторонними быстродействующими соединительными устройствами. Для охлаждения отходящей от силовых электрических компонентов нагретой воды имеются отдельные водовоздушные теплообменники. В охлаждающую воду при необходимости можно добавлять антифриз, чтобы обеспечить возможность работы локомотива при температуре наружного воздуха до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В случае отказа одного из тяговых преобразователей или тяговых двигателей схемное решение электровоза позволяет отключить вышедшее из строя звено силовой цепи и продолжить работу на 50 или 75 % полной мощности соответственно до устранения неисправности.

Вспомогательные преобразователи

На электровозе имеются два отдельных преобразователя НВU для питания нетяговых бортовых потребителей энергии. Каждый из них подключен к выходу промежуточного звена постоянного напряжения одного из тяговых преобразователей.

Первый преобразователь вырабатывает электроэнергию регулируемого напряжения и регулируемой (в пределах от 2 до 60 Гц) частоты. Он питает асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором системы охлаждения, причем режимы работы этих двигателей варьируются в зависимости от потребностей. Поэтому в случае небольшой потребности в охлаждении и, следовательно, в мощности двигатели могут работать с малой частотой вращения, и их можно питать током низкой частоты, благодаря чему достигается снижение уровня шума и потребления энергии.

Второй преобразователь вырабатывает электроэнергию стабильного напряжения и стабильной частоты. Он питает установки кондиционирования воздуха в кабинах управления, мотор-компрессор, масляные насосы и устройство подзарядки аккумуляторной батареи. В качестве стандартной на электровозы ES64U4 устанавливается никель-кадмиевая аккумуляторная батарея емкостью 80 А·ч, однако по особому заказу может быть установлена никель-кадмиевая или свинцовая батарея емкостью от 70 до 115 А·ч. Зарядное устройство может также получать питание от внешнего источника энергии, подающего напряжение 3×400 В частотой 50 Гц и подключаемого через специальный разъем.

В случае выхода из строя одного из вспомогательных преобразователей его можно обойти и питать потребителей энергии от другого преобразователя, но на фиксированной частоте 60 Гц.

Главный трансформатор

Главный трансформатор электровоза изготовлен в однофазном исполнении и рассчитан на питание от контактной сети переменного тока 15 кВ, 16,7 Гц и 25 кВ, 50 Гц.

На одной из сторон трансформаторного бака находятся два предохранительных клапана. Здесь же установлены два насоса, обеспечивающие циркуляцию охлаждающей жидкости, которая, в свою очередь, охлаждается в двух модулях, размещенных в машинном отделении. Каждый модуль состоит из жидкостно-воздушного теплообменника, над которым смонтирован мотор-вентилятор. Выше этого модуля установлен расширительный бак.

Для защиты главного трансформатора применены, во-первых, реле Бухгольца, смонтированное на трубопроводе между трансформатором и расширительным баком, и, во-вторых, датчик температуры, с помощью которого контролируется нагрев охлаждающей жидкости.

Силовая схема тягового привода (фрагмент, соответствующий одной из тележек) приведена на рис. 8.

Тормозная система

На электровозе ES64U4 основным является электродинамический тормоз, в первую очередь рекуперативный. При питании от контактной сети переменного тока всегда есть возможность применения рекуперативного тормоза, при питании от постоянного тока могут быть ситуации, когда контактная сеть неспособна принимать генерируемую при рекуперативном торможении энергию. В таких случаях включается режим реостатного торможения.

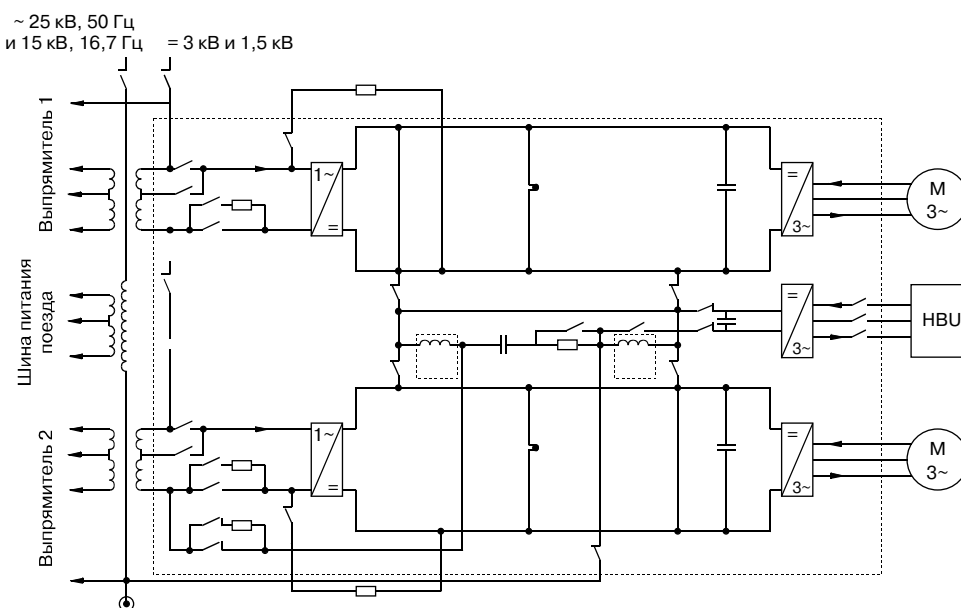


Рис. 8. Фрагмент силовой схемы электровоза ES64U4

Пневматический тормоз имеет электрическое управление. Большую часть оборудования и аппаратуры электропневматического тормоза поставляет компания Knorr.

Давление в главной пневматической магистрали устанавливает машинист с помощью тормозного контроллера, оно автоматически поддерживается на заданном уровне с помощью аналогового преобразователя. Команды на поддержание этого давления по электрическому проводу передаются на состав поезда при условии, что вагоны тоже оснащены оборудованием электропневматического тормоза. Прямодействующий тормоз также имеет электрическое управление. Тормозную магистраль можно быстро разряжать посредством открытия машинистом крана экстренного торможения; такие краны есть в каждой кабине управления.

В механической части тормоза применены диски. Каждый тормозной диск выполнен как единое целое и, следовательно, не имеет зазоров и соединений. Диски установлены не на осях или колесах, а на специальных тормозных валах, входящих в систему тяговой передачи каждой колесной пары. Для замены дисков предусмотрена возможность опускать тормозные валы вниз без демонтажа тележек. Также из-под локомотива можно заменять накладки тормозных клещей, когда последние находятся в положении отпуска.

Снабжение пневматического тормоза сжатым воздухом осуществляется модульной установкой компрессор плюс блок очистки и сушки воздуха. Винтовой компрессор с электрическим приводом имеет производительность 2400 л/мин при давлении 10 бар. Главный воздушный резервуар имеет емкость 1000 л. Продувать его с отводом конденсата в специальный накопитель можно с помощью ручного продувочного крана.

Системы управления, контроля и безопасности

Архитектура

Функции управления и контроля на электровозе ES64U4 выполняет фирменная микропроцессорная система SIBAS 32 компании Siemens, основным элементом которой является 32-разрядный компьютер. Кроме этого главного компьютера, имеются вспомогательные, осуществляющие управление, контроль и мониторинг отдельных частей электрической схемы, узлов и агрегатов локомотива. Так, сбор, обработку и выдачу результатов обработки информации, касающейся работы электрической схемы электровоза, выполняют два компьютера ZSG, информации, касающейся работы тягового привода, — два компьютера ASG.

На каждую тележку, т. е. на пару тяговых двигателей, приходится один компьютер ASG. Этот компьютер управляет работой соответствующего тягового преобразователя согласно уровню ускорения или замедления (при электрическом торможении), задаваемому или машинистом, или системой автоматического регулирования скорости AFG. Одновременно он выполняет функции диагностики и мониторинга «своего» тягового привода. Связь между компьютерами ASG и ZSG осуществляется через сигнальную шину.

В нормальных условиях доминирующую роль играет один из компьютеров ZSG, который берет на себя все функции управления и контроля над работой электровоза. Вторым компьютер ZSG выступает в качестве резервного и обеспечивает дублирование в аварийных ситуациях. В случае отказа первого ZSG машинист может переключиться на второй.

Все компьютеры электровоза подключены к шине передачи данных и к многофункциональной локомотивной шине MVB. Связь между системами управления локомотива и вагонов поезда осуществляется с помощью поездной шины WTB с применением кабеля, соответствующего требованиям стандарта МСЖД. Эту шину можно также использовать, когда несколько электровозов совместно работают с управлением по системе многих единиц или при ведении челночного поезда с кабиной управления в хвостовом вагоне.

Машинист взаимодействует с системой управления с помощью 17-дюймового сенсорного дисплея, находящегося на пульте управления.

Система диагностики

Система технической диагностики выполняет следующие функции:

- выдача машинисту тревожных сигналов о случившейся неисправности или предупредительных сигналов о возникновении ситуаций, при которых может случиться неисправность. В случае выхода какого-либо компонента из строя — выдача машинисту рекомендаций по устранению причины отказа или обходу отказавшего компонента;
- идентификация неисправностей электрического оборудования, требующих особого внимания со стороны машиниста и/или ремонтного персонала депо;
- хранение информации о случившихся отказах и неисправностях в памяти компьютера вместе с информацией о дате, времени и месте (по накопленному пробегу) таких случаев;
- считывание информации с запоминающего устройства (например, через интерфейс с компьютером ZSG);
- проверка качества выполненных работ по техническому обслуживанию и ремонту;

- передача диагностических данных с локомотива в депо по системе радиосвязи GSM (по особому заказу).

Влияние на напольные устройства

Электровоз ES64U4 практически не оказывает вредного влияния на напольное оборудование систем сигнализации и связи при работе с питанием от контактной сети переменного тока благодаря несинхронному переключению четырехквadrантных регуляторов и оптимизированному управлению импульсной модуляцией.

При работе с питанием от контактной сети постоянного тока для уменьшения влияния на напольные устройства используется двухступенчатый линейный фильтр.

Система противопожарной безопасности

На электровозе предусмотрительно приняты меры для предотвращения или гашения пожара, которые в ближайшем будущем станут обязательными к применению на подвижном составе железных дорог Европы. Например, охлаждающей жидкостью в системе охлаждения главного трансформатора является сложный полиэфир, так как эта жидкость воспламеняется при более высокой температуре, чем другие, используемые традиционно. Задние стенки кабин управления выполняют функции противопожарных преград и рассчитаны так, чтобы в случае сильного пожара в машинном отделении защищать кабины от проникновения огня в течение 15 мин.

Действующее в Италии противопожарное законодательство требует, чтобы локомотивы, управляемые дистанционно без персонала на борту, обязательно оснащались автоматической системой пожаротушения. Поэтому в пакете COP-I такое оснащение предусмотрено, хотя в базовом варианте исполнения его применение не сочтено необходимым.

Другие системы

Наличие аппаратуры автоматических систем управления и обеспечения безопасности движения поездов является ключевым фактором для подвижного состава, предназначенного для использования в международных сообщениях. В дополнение к системам сигнализации и связи, действующим на железных дорогах разных стран Европы и заложенным в соответствующих пакетах COP, на электровозах ES64U4 предусмотрена возможность оснащения аппаратурой европейской системы ETCS. С учетом этой перспективы программное и техническое обеспечение системы управления электровозом соответствующим образом адаптировано.

Реализация проекта

В 2002 г. железные дороги Австрии приступили к рассмотрению вопроса о приобретении трехсистемных электровозов семейства Taurus. В следующем году было принято решение о видоизменении первоначального контракта с компанией Siemens TS на поставку 50 ед. серии 1016 и 350 ед. серии 1116. Теперь электровозов серии 1116 решено закупить 282 ед., а вместо остальных 68 купить 50 четырехсистемных электровозов серии 1216. Еще 18 ед. заложены в дополнительный контракт.

Три опытных электровоза-прототипа серии 1216, укомплектованные в соответствии с разными пакетами COP, были изготовлены весной 2005 г. После их сертификационных испытаний остальные 47 ед. должны быть построены в течение 2006 – 2007 гг.

Изготовление электровозов-прототипов начато летом 2004 г. после окончательного утверждения проекта, и 30 июля того же года средствами массовой информации предоставили возможность ознакомиться с производственным процессом на заводе-изготовителе в Мюнхене. В сентябре первый кузов был отправлен в Лейпциг для проведения прочностных испытаний, которые осуществлены при содействии компании Kigow, известной по выпускаемым ею подъемным кранам на железнодорожном ходу. Примерно в это же время началось изготовление второго кузова, а в октябре полностью завершилась сборка первого электровоза. В ноябре был готов третий кузов и продолжалась сборка второго электровоза.

Все три опытных электровоза в присутствии представителей средств массовой информации были переданы ÖBB 31 марта 2005 г. в Мюнхене. Каждый из

Технические характеристики электровоза ES64U4

Осевая формула.....	V_0V_0
Длина по буферам, мм.....	19 580
Расстояние между центрами тележек, мм.....	9 900
Колесная база тележек, мм.....	3 000
Диаметр колес новых/изношенных, мм.....	1 150/1 070
Масса служебная, т.....	$87 \pm 2,5$ %
Максимальная осевая нагрузка, т.....	22,5
Мощность тяговая и тормозная в продолжительном режиме, кВт, при питании от контактной сети:	
переменного тока.....	6 400
постоянного тока напряжением 3 кВ.....	6 000
постоянного тока напряжением 1,5 кВ.....	4 200
Сила тяги при трогании, кН, при коэффициенте сцепления 0,36.....	304
Максимальное тормозное усилие при рекуперативном торможении, кН.....	240
Максимальная эксплуатационная скорость, км/ч, при питании от контактной сети:	
переменного тока.....	230
постоянного тока.....	200
Минимальный радиус проходимых кривых, м, при скорости не более 5 км/ч.....	90

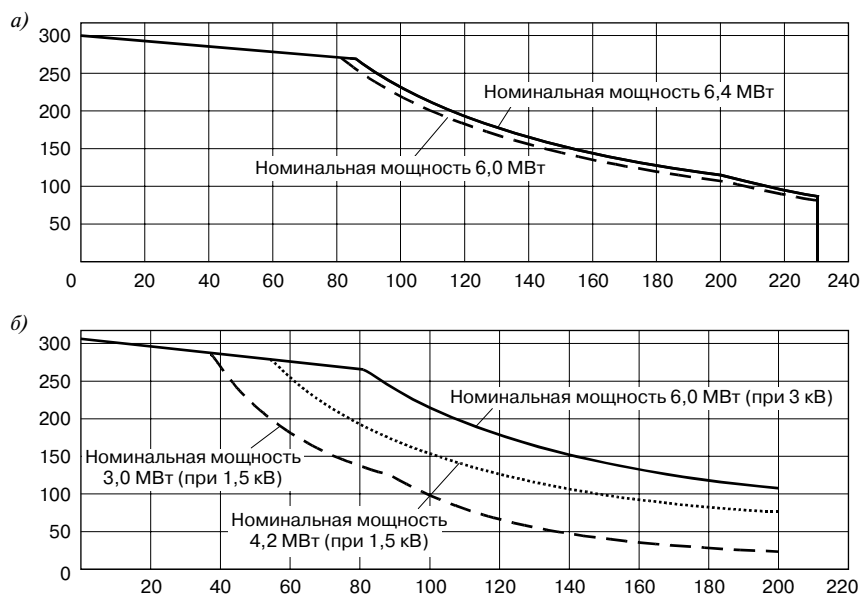


Рис. 9. Тяговые характеристики электропоезда ES64U4:
 а — при питании от контактной сети переменного тока; б — при питании от контактной сети постоянного тока

них представлял один из вариантов исполнения, предусмотренных в заказе, который был оформлен в следующем виде:

- 25 электропоездов ES64U4-A (для эксплуатации на железных дорогах Австрии, Германии и Италии) по образцу электропоезда 1216-001;
- 15 электропоездов ES64U4-C (для Австрии, Германии, Чехии и Словакии) по образцу электропоезда 1216-002;
- 10 электропоездов ES64U4-B (для Австрии, Германии и Словении) по образцу электропоезда 1216-003.

При разработке проекта электропоезда ES64U4 компания Siemens TS использовала опыт создания первых локомотивов семейства Europrinter, прежде всего четырехсистемных электропоездов серии 189, постройка которых была начата в 2002 г. по заказу компании-оператора DB Cargo (ныне Railion). Однако эти электропоезда предназначены только для грузового движения, тогда как электропоезда ES64U4 универсальны и являются первыми четырехсистемными, рассчитанными на движение с максимальной скоростью 230 км/ч.

Достоинства многосистемных электропоездов известны уже давно, и основное заключается в том, что

они могут водить поезда международных сообщений без смены на пограничных станциях. Однако с точки зрения оператора универсальные электропоезда имеют дополнительные преимущества, и самым важным из них является возможность прицепки такого локомотива к любому готовому к отправлению поезду, грузовому или пассажирскому.

ÖBB уже выразили намерение использовать электропоезда серии 1216 исключительно в международных сообщениях. Естественно также, что железные дороги Словении, сеть которых характеризуется небольшой протяженностью и граничит с железнодорожными сетями многих стран, имеющими различное техническое оснащение, еще более заинтересованы в универсальных многосистемных электропоездах. Поэтому SŽ в июле 2004 г. заказали компании Siemens TS 20 электропоездов ES64U4 общей стоимостью 80 млн. евро. Эти электропоезда серии 541 будут поставлены заказчику в 2006 – 2008 гг.

Тягово-тормозные характеристики электропоезда ES64U4 приведены на рис. 9.

J. Pernička. Railvolution, 2005, № 3, p. 5060.

Редакция журнала «Железные дороги мира»

приглашает на внештатную работу переводчиков с английского, немецкого и французского языка, имеющих опыт работы на железнодорожном транспорте и проживающих в Москве или Московской области.

Обращаться по телефону (495) 317-55-65.